

Japanese Patent Laid-open No.6-224506

(54)[Title of the Invention]

Efficient bi-directional optical fiber  
amplifier for a missile guiding data link repeater

(57)[Abstract]

It is an object of the present invention to provide  
a bi-directional EDF optical amplifier for optimizing  
each signal channel for efficient bi-directional  
optical signal relay.

10 [Structure]

The amplifier comprises first and second  
separated optical signal amplifiers 52 and 62 for two  
signals each propagated toward two contrary directions,  
and by doing so, each signal channel can be optimized.

15 Each amplification channel comprises first erbium dope  
fiber amplifiers 54 and 64, and further comprises pump  
laser sources 53 and 63 that are operated by the first  
and second wavelength and pump WDM couplers 56 and 66  
that are located at the ends of an EDF in order to couple  
20 optical signals from those pump laser sources with  
signals for transmitting the EDF.

✓

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-224506

(43) 公開日 平成6年(1994)8月12日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/10	Z 8934-4 M		
F 4 1 G	7/32	9209-2 C		
G 0 2 B	6/00			
		6920-2 K	G 0 2 B	6/00
		8934-4 M	H 0 1 S	3/094
審査請求	有	請求項の数 1 6	O L	(全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-214343

(22) 出願日 平成5年(1993)8月30日

(31) 優先権主張番号 937802

(32) 優先日 1992年8月28日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390039147

ヒューズ・エアクラフト・カンパニー

HUGHES AIRCRAFT COMPANY

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 900  
45-0066, ロサンゼルス, ヒューズ・テラス 7200

(72) 発明者 ヒュイ - ピン・シュ

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 913  
25、ノースリッジ、ゼルザ・アベニュー  
9360

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

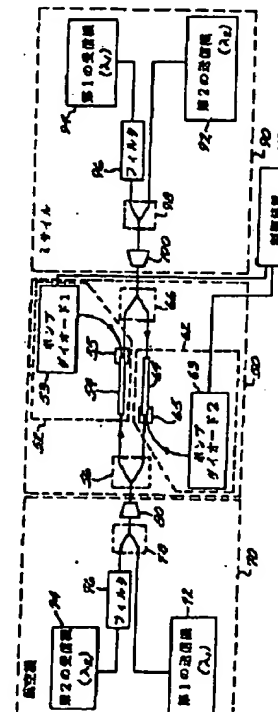
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ミサイル誘導データリンク中継器のための効率的な両方向性光ファイバ増幅器

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、効率的な両方向性光信号中継のために各信号チャンネルの最適化を可能にする両方向性EDF光増幅器を提供することを目的とする。

【構成】 2つのそれぞれ反対方向に伝播する信号の第1、第2の分離した光信号増幅チャンネル52, 62を具備し、それによって個々の信号チャンネルの最適化を可能にすることを特徴とする。各増幅チャンネルが第1のエルビウムドープファイバ増幅器54, 64を具備し、さらに第1、第2の波長で動作するポンプレーザ源53, 63と、それらのポンプレーザ源からの光信号をEDFを伝送する信号と結合するためにEDFの端部に位置するポンプWDM結合器56, 66とを具備している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 2つのそれぞれ反対方向に伝播する信号の第1、第2の分離した光信号増幅チャンネルを具備し、それによって効率的な両方向性光信号増幅特性のために各個々の信号チャンネルの最適化を可能にすることを特徴とする高効率両方向性光ファイバ増幅器。

【請求項2】 前記反対方向に伝播する信号が各第1、第2の異なる波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ であり、前記増幅器がさらに異なる波長の前記信号の間の分離を維持するための手段を具備し、前記第1の波長の信号のみが前記第1の波長チャンネルを伝送し、前記第2の波長の信号のみが前記第2の増幅チャンネルを伝送する請求項1記載の増幅器。

【請求項3】 前記第1、第2の増幅チャンネルが第1、第2の端部を具備し前記増幅器がさらに前記第1、第2の波長で入力信号を信号成分に分離する第1、第2の信号ルート波長分割多重化光結合器を具備し、前記第1の結合器は前記チャンネルの前記第1の端部に結合され前記第2の結合器は前記チャンネルの前記第2の端部に結合されている請求項2記載の増幅器。

【請求項4】 前記第1の増幅チャンネルが第1、第2の端部を有する第1のエルビウムでドープしたファイバを具備し、前記第2の増幅チャンネルが前記第1、第2の端部を有する第2のEDFを具備し、前記第1の増幅チャンネルはさらに前記第1の波長で動作する第1のポンプレーザ源と、前記第1のポンプレーザ源からの光信号を前記第1のEDFを伝送する信号と結合するための前記第1のEDFの第2の端部に位置する第1のポンプWDM結合器とを具備し、前記第2の増幅チャンネルはさらに前記第2の波長で動作する第2のポンプレーザ源と、前記第2のポンプレーザ源からの光信号を前記第2のEDFを伝送する信号と結合するための前記第2のEDFの第2の端部に位置する第2のポンプWDM結合器とを具備する請求項3記載の増幅器。

【請求項5】 前記各増幅チャンネルを選択的にスイッチオンまたはオフにするように第1、第2のポンプ源の動作を制御するための制御装置を具備し、スイッチした増幅チャンネルの能力を与える請求項4記載の増幅器。

【請求項6】 前記各増幅チャンネルが半導体光増幅器を有する請求項1記載の増幅器。

【請求項7】 2つのそれぞれ反対方向に伝播する信号を増幅する第1、第2の分離した信号増幅チャンネルを具備し、効率的な両方向性光増幅器特性に大して各個々の増幅チャンネルの最適化を可能に許容するドープしたファイバ増幅チャンネルを使用した高効率両方向性光ファイバ増幅器。

【請求項8】 前記反対方向に伝播する信号がそれぞれ第1、第2の異なる波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ であり、前記増幅器はさらに、前記第1の波長の信号のみが前記第1の増幅チャンネルを伝送し、前記第2の波長の信号のみが前記

第2の増幅チャンネルを伝送するように異なる波長の前記信号の間の分離を維持する手段を具備している請求項7記載の増幅器。

【請求項9】 前記第1、第2の増幅チャンネルは第1、第2の端部を具備し、前記増幅器はさらに前記第1、第2の波長で入力信号を信号成分に分離するための第1、第2の信号ルート波長分割多重化光結合器を具備し、前記第1の結合器は前記増幅チャンネルの前記第1の端部に結合し、前記第2の結合器は前記増幅チャンネルの前記第2の端部に結合している請求項8記載の増幅器。

【請求項10】 前記第1の増幅チャンネルは第1、第2の端部を有する第1のドープしたファイバを具備し、前記第2の増幅チャンネルは第1、第2の端部を有する第2のドープしたファイバを具備し、前記第1のチャンネルはさらに前記第1の波長で動作する第1のポンプレーザ源と、前記第1のポンプレーザ源からの光信号を前記第1のドープしたファイバを伝送する信号と結合するための前記第1のドープしたファイバの前記第2の端部に配置されている第1のポンプWDM結合器とを具備し、前記第2の増幅チャンネルはさらに前記第2の波長で動作する第2のポンプレーザ源と、前記第2のポンプレーザ源からの光信号を前記第2のドープしたファイバを伝送する信号と結合するための前記第2のドープしたファイバの前記第2の端部に配置されている第2のポンプWDM結合器とを具備する請求項7記載の増幅器。

【請求項11】 前記各増幅チャンネルを選択的にスイッチオフまたはオンにし、スイッチした増幅チャンネルの能力を与えるために前記第1、第2のポンプ源の動作を制御するための制御装置を具備する請求項10記載の増幅器。

【請求項12】 前記各増幅チャンネルが半導体光増幅器を具備する請求項7記載の増幅器。

【請求項13】 前記第1の増幅チャンネルが前記第1の波長で動作するように構成され、前記第2の増幅チャンネルは前記第2の波長で動作するように構成されている請求項7記載の増幅器。

【請求項14】 前記第1のドープされたファイバの長さおよびドープ剤、ポンプ波長、および前記第1のポンプ源のパワーは特定の第1の波長値に最適化され、前記第2のドープされたファイバの長さおよびドープ剤とポンプ波長、前記第2のポンプ源のパワーは特定の第2の波長値に最適化されている請求項10記載の増幅器。

【請求項15】 前記第1、第2のドープされたファイバはエルビウムでドープされている請求項10記載の増幅器。

【請求項16】 前記第1のドープされたファイバはエルビウムでドープされ、前記第2のドープされたファイバはネオジムでドープされている請求項10記載の増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光ファイバ増幅器、特に効率的な両方向性光ファイバ増幅器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】最適な高効率両方向性光ファイバ増幅器の達成は強化された兵器システム誘導の長距離の光ファイバデータリンク（“FODL”）の開発に不可欠である。応用可能なシステムは遠距離の地上戦ミサイルならびに拡張された距離の空対地または地表対地表ミサイルを含む。このような応用の1例はD. K. Schotterによる米国特許第5,005,930号明細書に記載されている。軍事システムの他の潜在的応用は無人地上ビークル（UGV）および無人海底ビークル（UUV）を含む。潜在的な商業的応用は遠距離レーダおよび両方向衛星地上局中継リンク、CATVヘッドエンドリンクおよび家庭へのファイバ（FTTH）の光ファイバシステムを含む。

【0003】エルビウムでドープしたファイバ（EDF）は $1.48\mu\text{m}$ または $0.98\mu\text{m}$ の波長で動作するポンプレーザを信号強度に変換することにより $1.53\sim 1.58\mu\text{m}$ 帯域の光信号を増幅することにより使用されることができ、典型的に長さ100キロメートル以上の長距離両方向性光ファイバリンクでは光信号増幅器の従来の設計が単一のEDF燃線により動作し、交差チャンネルの混信ならびにと同様に、可能な入力信号レベル依存、近接端部反射、インライン光フィードバック導入雑音を受ける。

【0004】図1は Hui-Pin Hsu, Ronald B.、Chesler、Gregory L.、Tangonanの1991年2月15日出願の米国特許第07/655,615号明細書に記載されているタイプの単一のEDF燃線を使用するEDF両方向光ファイバ増幅器20の設計を示している。この設計は同一のEDF利得媒体（EDF 26）中を伝播するように結合器28, 30により共に結合されている2つの信号および2つのダイオードレーザポンプ（22と24）を使用している。図1のシステムでは第1の送信機からの第1の波長 $\lambda_1$ における入力信号は波長分割多重化（“WDM”）結合器10に入り、ファイバボビン12の長い光ファイバを介して増幅器20に送信される。増幅器20は第1の波長で信号を増幅し第2のファイバボビン16上の別の長い光ファイバにより第2のWDM結合器18に送信される。結合器18は第1の波長の信号を $\lambda_1$ を中心とする狭帯域の光フィルタ19を通して第1の受信機に送信する。第2の送信機は第2の波長 $\lambda_2$ の第2の入力信号を第2のWDM結合器18へ送信し、ボビン16上の光ファイバの第2の長さにより両方向性増幅器20に送信する。増幅器20は第2の入力信号を増幅し、第1のボビン12上の光ファイバにより第1のWDM結合器10に送信し、第1のWDM結合器10は第1の入力信号からこの信号を分離し、 $\lambda_2$ を中心とする狭帯域の光フィルタ14を介して第2の受信機に送信する。フィルタ14は第1の波長 $\lambda_1$ の光を排除し、フィルタ19は第

2の波長 $\lambda_2$ の光を排除する。

【0005】第1の送信機、第2の受信機、光フィルタ14およびWDM結合器10は例えば有人航空機のようなマスタービークルにより運搬され、第2の送信機、第1の受信機、WDM結合器18およびフィルタ19はミサイルのようなスレーブビークルで運搬される。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】図1の単一チャンネルEDF設計の欠点は、

1) 最大信号利得のEDF長さを規定する広い入力信号に適應するためEDF長さを最適にすることは困難である。EDF 26が非常に長いとき不所望な減衰が信号利得を低下する。EDF長さが非常に短いとき両者の増幅信号は可能な十分な信号利得を達成できない。対照的に本発明による新規の2つの腕のEDFは各EDFが最大飽和利得の1つの信号チャンネルを個々に最適にすることを許容する。このことはEDFの最適の長さの入力信号レベルに対する感知性を低下させる。

2) 単一燃線のEDF増幅器の設計は両方向性リンクの個々の信号チャンネルのスイッチオフ選択を提供できない。

3) 単一燃線のEDF増幅器は相方向性ポンプの存在のために高い雑音指数（NF）を招く。

4) 単一燃線のEDF増幅器は刺激された放射信号利得の励起状態集団の減少により信号チャンネルの1つが100 Hzより低い低データ率で動作されるとき交差チャンネル混信を受ける。

それ故本発明の目的は、効率的な両方向性光信号中継器性能のためにそれぞれ個々の信号チャンネルの最適化を可能にする反対方向に伝播する信号の2つの分離したEDFチャンネルを使用する両方向性EDF光増幅器を提供することである。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によってエルビウムでドープしたファイバ（EDF）を使用する最適な高効率の両方向性光ファイバ増幅器が提供される。一般的に増幅器はそれぞれ反対方向に伝播する2つの信号の第1、第2の分離した単方向性EDF増幅チャンネルを特徴とし、それによって効率的な両方向性の光信号特性性能の各個々の増幅チャンネルの最適化を可能にする。

【0012】反対方向に伝播する信号はそれぞれ第1、第2の異なる波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ である。増幅器はさらに異なる波長の信号間の分離を維持するための波長選択手段を具備し、その結果第1の波長の信号のみが第1の増幅チャンネルを伝送し、第2の波長の信号のみが第2の増幅チャンネルを伝送する。波長選択手段は第1、第2の波長の信号成分に信号を分離するための第1、第2の信号ルート波長分割多重化（WDM）光結合器を含む。第1の結合器はEDFの第1の端部に結合され、第2の結合器はEDFの第2の端部に結合される。

## 【0013】

【実施例】本発明のこれらまたはその他の特徴および利点は添付図面に示されているように後述の実施例の詳細な説明からより明白になるであろう。

【0014】本発明を実施した高効率で、スイッチ可能な両方向性ファイバ増幅器50が図2に示されている。両方向性ファイバ増幅器50は2つの分離した光ファイバ増幅器52, 62と1対の信号ルート波長分割多重化(WDM)結合器56, 66とを具備し、これは弱い入射信号および増幅された出力信号を2つのファイバ増幅器52, 62へ送り、またはファイバ52, 62から送出する。各単方向性ファイバ増幅器52, 62は(信号への)それぞれの反対方向に伝播するポンプ源53, 63と、必要なポンプおよび信号ルートのポンプ/信号WDM結合器55または65と、例えば1.55ミクロン信号増幅用のエルビウムでドープしたファイバ(EDF)または他の信号波長の増幅用の他の希土類でドープしたファイバの部分である光ファイバ増幅器54, 64を具備する。例示により増幅器54, 64の一方は1.5ミクロンで動作するEDFであり、他方の増幅ファイバは1.3ミクロンで動作するネオジム(Nd)でドープされることができる。

【0015】増幅器50はこの実施例では第1の航空機70と第2の航空機90との間の長距離光ファイバデータリンクで使用される。この例示の応用では第1のビークル70は例えば有人航空機等のマスタービークルであり、第2のビークルは例えば誘導ミサイルまたは他の無人ビークル等のスレーブビークルである。データはビークル70と90との間で光データリンクにより交換される。

【0016】第1の光波長 $\lambda_1$ で動作する第1の送信機72は第2の受信機と第2の送信機 $\lambda_2$ の光波長を中心とする狭帯域の光フィルタ76と共に第1のビークル70に位置される。第1のWDM結合器78も長い光ファイバが巻かれているファイバポピン80と共にビークル70に位置されている。 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の典型的な値は1500および1530 nmであり、2つの動作波長の間の30 nmの波長分離を与える。

【0017】第2の光波長 $\lambda_2$ で動作する第2の送信機92は第1の波長 $\lambda_1$ の光信号を受信する第1の受信機94と第1の光波長を中心とする第2の狭帯域の光フィルタ96と共に第2のビークル90に位置される。第2のWDM結合器98も長い光ファイバが巻かれている第2のファイバポピン100と共に第2のビークル90に位置されている。

【0018】この実施例では増幅器50は長距離の光ファイバデータリンクの中心に配置され、前記第1または第2のビークル70または90から送信される光信号を増幅する役目をする。ミサイル90が航空機70から発射された後光ファイバはビークル間の光データリンクの連続を維持するためにファイバポピン80, 100の両者から繰り出される。

【0019】図1で示されている単一腕の光増幅器設計と異なって図2の2つの腕の増幅器50は各増幅器52, 62が各ファイバ増幅器54, 64の長さおよびドープ剤と、ポンプダイオード波長と、ポンプ源53, 63の強度とを選択することにより特定の信号に対して最適にすることを可能にする。また信号利得の減少および/または不所望な混信の発生をもたらす反対方向に伝播する信号からの干渉は回避される。さらに2つの信号チャンネルは2つのポンプ源53, 63を個々に制御することにより選択的に増幅されることができる。このことは2つの腕の増幅器50が縦続FTHH応用のようなユニットへのアクセス制御が存在するある種の両方向性光リンクの光スイッチとして機能することを可能にする。このような応用では、制御装置110のような制御装置は各増幅器腕を効率よく選択的にオンまたはオフに切替えるため各ポンプ源を選択的にオンおよびオフにするように各ポンプダイオード源53, 63に接続されることができる。勿論増幅器50がアクセス不可能なリンクによって増幅を行う図2の例示的な応用では制御装置110は使用されない。増幅器50は増幅器ポンプ源53, 63に電力を与えるため(図示しないが電池等)内臓電源部品を含む。

## 【0020】

【発明の効果】本発明による新規の両方向性光ファイバ増幅器は以下の利点を提供する。

【0021】1) 2つの分離した増幅器腕が2つの反対方向に伝播する信号の信号増幅の最適化を可能にする。

【0022】2) 新規の増幅器構造はCATVまたはFTHHのような縦続のファンアウト分配システムのインライン信号スイッチとしての新たな特性を提供する。2つの反対方向に伝播するポンプ源は他方の信号チャンネルに影響せずに両方向性FODLの信号スイッチとしての役目をするため独立してスイッチをオンにされることができる。ポンプ源がオフに切換えられたとき、EDFは利得の代りに信号の吸収損失を提供する。この特性は図1の単一の撚線のEDF両方向性ファイバ増幅器からは得られない。

【0023】3) 本発明による2つの腕のEDFの方式は必要なポンプパワーを減少することにより光増幅器の雑音特性を改良する反対方向に伝播するポンプ方式の増幅器を構成するためポンプ源がEDFの端部に位置されることを可能にする。

【0024】本発明の2つの腕のファイバ増幅器はファイバ増幅器の代りに半導体光増幅器を使用する別の両方向性光増幅器設計にも応用可能である。図3は光ファイバ140, 150に接続される例示的な半導体光増幅器130を示している。増幅器130は活性層(利得領域)132cに結合するファイバ140, 150を備えた多数の層または領域132A-Nを具備する。光ファイバリンクの半導体増幅器の使用は例えば文献(S. E. MillerとI. P. Kaminow編集による“Optical Fiber Telecommunications II

”、Academic Press、ボストンMA、1988年、820 頁)に記載されている。

【0025】前述の実施例は本発明の原理を表す可能な特定の実施例の単なる例示に過ぎないことが理解されよう。その他の装置は本発明の技術的範囲を逸脱することなく当業者によりこれらの原理によって簡単に発明されるであろう。

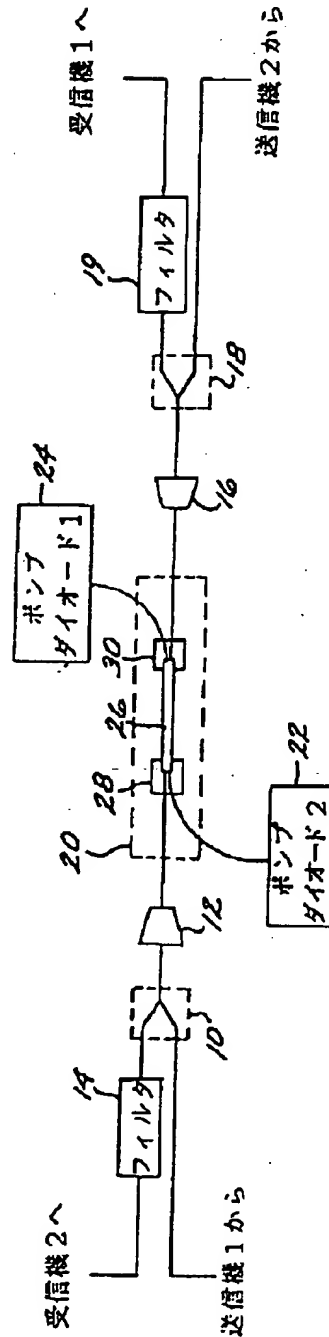
【図面の簡単な説明】

【図1】EDF両方向性光ファイバ増幅器の通常的设计を示した図。

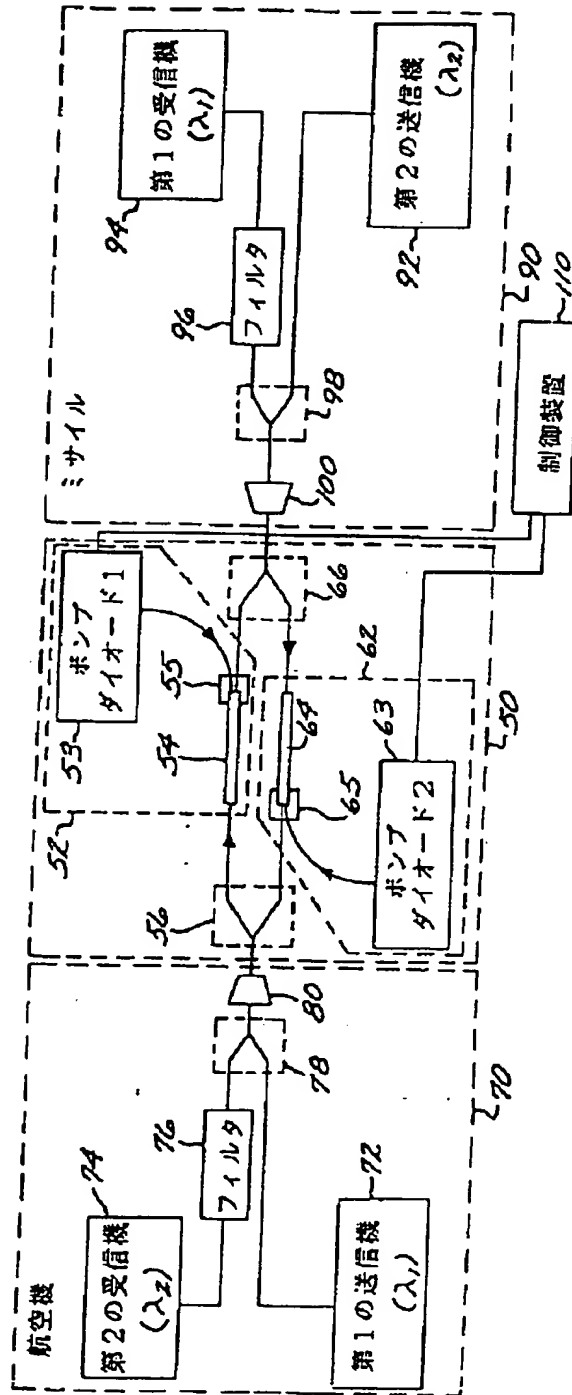
【図2】本発明を実施したEDF両方向性光ファイバ増幅器を示した図。

【図3】EDF光増幅器の代りとしての各光ファイバに接続された例示的な半導体光増幅器を示した図。

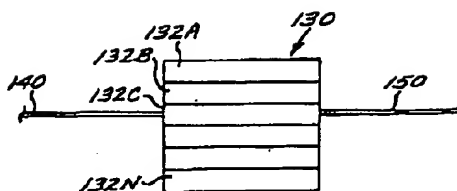
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35		9316-2K		
H 0 1 S 3/07		8934-4M		
3/094				
H 0 4 B 10/24				
		8523-5K	H 0 4 B 9/00	G

(72) 発明者 ロナルド・ビー・チェスラー  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
 91364、ウッドランド・ヒルズ、メデイ  
 ナ・ロード 5272